

# BEBERAPA ASPEK REPRODUKSI SEKSUAL KARANG TROPIK *Acropora nobilis* DAN *Pocillopora verrucosa*

Chair Rani

Laboratorium Ekologi Laut, Jurusan Ilmu Kelautan Unhas-Makassar

## ABSTRAK

Reproduksi seksual karang sangat ditentukan oleh berbagai faktor lingkungan. Strategi bereproduksi suatu jenis karang merupakan suatu usaha untuk mempertahankan kelangsungan hidup yang berhubungan dengan kondisi lingkungan dimana karang tersebut hidup. Penelitian ini mencoba mempelajari struktur dan kondisi gonad karang tropik *A. nobilis* dan *P. verrucosa* melalui pendekatan histologi. Penelitian ini juga mencoba mengungkap tipe seksualitas, cara dan pola reproduksinya.

Dalam penelitian ini digunakan dua spesies karang bercabang yang memiliki penyebaran yang luas dengan kelimpahan yang tinggi, yaitu karang *A. nobilis* dan *P. verrucosa*. Pengambilan sampel histologi dilakukan berdasarkan siklus bulan selama dua bulan pengamatan menurut penanggalan bulan Qomariah (dua siklus bulan). Sebanyak 10 koloni dengan diameter >20 cm diambil contohnya secara acak dalam suatu area untuk setiap kali sampling, satu hari sebelum masuk fase bulan yang dipertimbangkan. Satu potongan bagian tengah cabang yang tua (besar) dengan panjang  $\pm 5$  cm diambil contohnya untuk setiap sampling dari masing-masing spesies. Prosedur preparasi sampel untuk analisis histologi dilakukan berdasarkan petunjuk Humason (1962) dan Glynn *et al.* (1991 dan 1994).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gonad karang *A. nobilis* dan *P. verrucosa* berasosiasi dengan 12 mesenteris utama. Gonad tersebut berkembang dari suatu sel benih (*germ cells*) yang berbentuk dambel dan merupakan perluasan dari filamen mesenteris. Gonad matang berkembang dalam lapisan mesoglea dari filamen mesenteris. Adapun seksualitas kedua jenis karang yang diteliti tergolong hermafrodit simultan dan bereproduksi dengan cara pemijahan (*spawning*). Jadi dapat dinyatakan bahwa karang *A. nobilis* dan *P. verrucosa* memiliki pola bereproduksi yang bersifat pemijah yang hermafrodit simultan (*broadcast spawning simultaneous hermaphrodite*).

## PENDAHULUAN

Reproduksi pada karang memperlihatkan suatu variasi yang tinggi, baik antara spesies maupun dalam spesies di lokasi yang berbeda. Sebagai contoh karang *Pocillopora verrucosa* melakukan *brooding* (mengerami) di Atol Enewetak (Stimson, 1978), tetapi *spawning* (memijahkan gametnya) di Laut Merah (Shlesinger & Loya, 1985). Demikian pula pada jenis *P. damicornis* ditemukan memijahkan gametnya di bagian timur Pasifik (Glynn *et al.*, 1991), tetapi mengerami di Enewetak dan Hawaii (Richmond & Jokiel, 1984; Stoddart & Black, 1985). Hal yang menarik bahwa *P. damicornis* ditemukan memijahkan gametnya dan juga mengerami planulanya di Pulau Rottneet, Australia Barat (Ward, 1992). Dari kedua cara reproduksi tersebut, tipe pemijah merupakan cara reproduksi yang dominan pada karang, yaitu 168 dari 210 spesies karang (Richmond & Hunter, 1990). Meskipun demikian cara reproduksi ini juga memperlihatkan variasi menurut lokasi, sebagai contoh cara reproduksi dengan mengerami lebih dominan di

Karibia (Richmond & Hunter, 1990) tetapi di *Great Barrier Reef* (GBR) didominasi oleh jenis karang yang memijah (Babcock *et al.*, 1986).

Karang tidak memiliki ciri seksual sekunder yang dapat digunakan untuk membedakan jenis kelaminnya. Oleh karena itu gonad yang hanya dapat dilihat melalui pembedahan merupakan cara satu-satunya dalam menentukan jenis kelamin suatu jenis karang (Harrison & Wallace, 1990). Jenis kelamin pada karang terdiri atas gonokorik dan hermafrodit (Richmond & Hunter 1990, Harrison & Wallace, 1990; Richmond, 1997). Dari 210 jenis yang telah diteliti, sebanyak 142 jenis tergolong hermafrodit simultan, yaitu suatu individu dapat menghasilkan gamet betina (telur) dan gamet jantan (sperma) dalam waktu yang bersamaan (Richmond & Hunter, 1990).

Proses gametogenesis pada karang secara umum bersiklus dan biasanya memperlihatkan ritme tahunan atau menurut fase bulan. Siklus gametogenesis pada karang memperlihatkan variasi menurut cara reproduksi karang, yaitu jenis yang memijahkan gametnya untuk pembuahan di luar tubuh, umumnya memiliki siklus gametogenesis yang tunggal dalam setahun, sedangkan jenis yang mengerami planulanya memiliki siklus gametogenesis yang berganda (*multiple gametogenic cycles*) (Harrison & Wallace, 1990). Demikian pula terlihat adanya variasi menurut lokasi (lintang), sebagai contoh karang *Acropora (Isopora) palifera* di Lae, Papua Nugini (daerah tropik) memiliki enam siklus gametogenesis, sedangkan di Pulau Heron (GBR) jenis ini memiliki hanya satu kali siklus gametogenesis (*single gametogeneic cycles*) dalam setahun (Kojis, 1986 a,b).

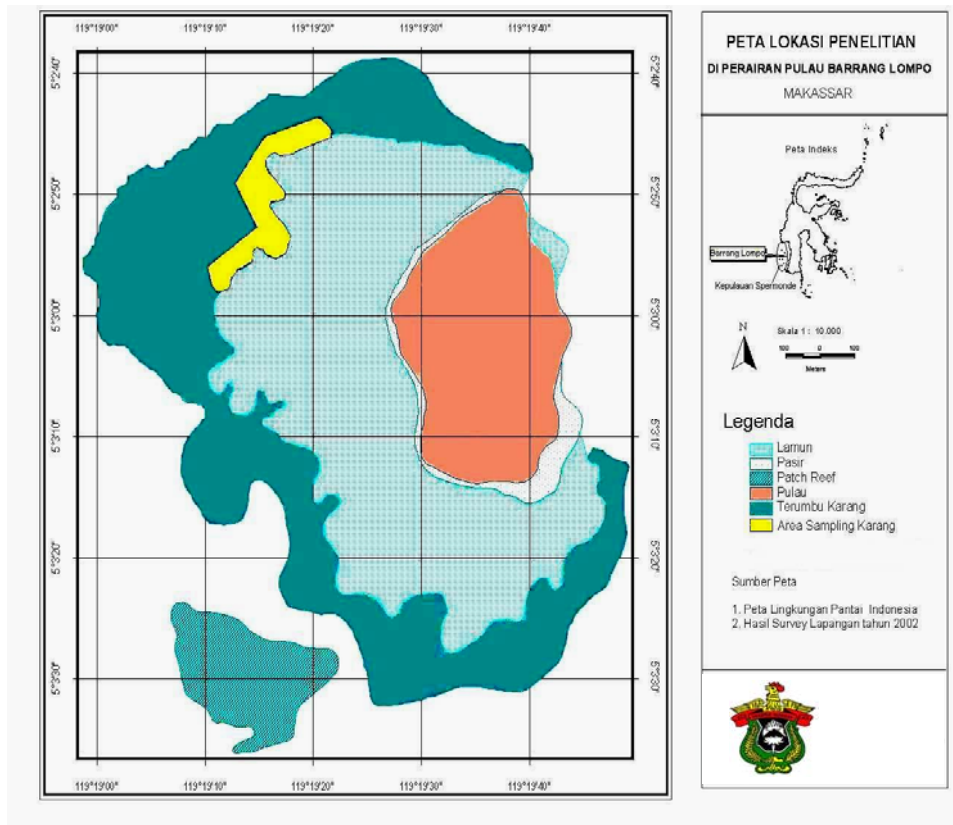
Penelitian ini mencoba mempelajari struktur dan kondisi gonad karang tropik *A. nobilis* dan *P. verrucosa* melalui pendekatan histologi. Penelitian ini juga mencoba mengungkap tipe seksualitas, cara dan pola reproduksinya.

## BAHAN DAN METODE

### 1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di terumbu karang Pulau Barranglompo (PBL), Kepulauan Spermonde, Makassar (**Gambar 1**) yang dilaksanakan selama dua siklus bulan, dari bulan 14 Januari 2002 sampai dengan 6 Maret 2002.

Pengambilan sampel histologi dilakukan di terumbu karang sebelah barat daya PBL. Sampel karang selanjutnya dianalisis secara histologi di Laboratorium Ekotoksikologi dan Fisiologi Biota Laut, Jurusan Ilmu Kelautan-Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan daerah pengambilan sampel karang di terumbu karang Pulau Barranglompo, Kepulauan Spermonde, Makassar.

## 2. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan dua spesies karang bercabang yang memiliki penyebaran yang luas dengan kelimpahan yang tinggi, yaitu karang *A. nobilis* dan *P. verrucosa* (**Gambar 2**).



a. *Acropora nobilis*

b. *Pocillopora verrucosa*

Gambar 2. Karang yang menjadi subyek penelitian.

Pengambilan sampel histologi dilakukan berdasarkan siklus bulan (Glynn *et al.*, 1994) selama dua bulan pengamatan menurut penanggalan bulan Qomariah (dua siklus bulan). Siklus bulan dibagi dalam empat fase bulan, yaitu:

- a. Fase bulan gelap/baru sampai bulan  $\frac{1}{4}$  (hari 1-7).
- b. Fase  $\frac{1}{4}$  sampai bulan purnama (hari 8-14).
- c. Fase bulan purnama sampai bulan  $\frac{3}{4}$  (hari 15-21).
- d. Fase bulan  $\frac{3}{4}$  sampai bulan gelap (hari 22-28).

Sebanyak 10 koloni dengan diameter >20 cm diambil contohnya secara acak dalam suatu area untuk setiap kali pengambilan satu hari sebelum masuk fase bulan yang dipertimbangkan, yaitu mengambil satu potongan bagian tengah cabang yang tua (besar) dengan panjang  $\pm 5$  cm untuk setiap koloni dari masing-masing spesies.

Prosedur preparasi sampel untuk analisis histologi dilakukan berdasarkan petunjuk Humason (1962) dan Glynn *et al.* (1991 dan 1994). Bagian tengah dari potongan membujur atau melintang dari sebuah polip diambil sebanyak 2-3 sayatan per *slide* untuk mengamati struktur dan kondisi gonad, seksualitas, cara dan pola reproduksi karang sampel di bawah mikroskop dengan pembesaran 100x, 200x, dan 400x. Dalam penelitian ini, dihindari pengambilan potongan cabang yang berulang untuk setiap koloni karena beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa fragmentasi koloni induk akan mengurangi kemampuan reproduksi seksualnya (Kojis & Quinn, 1985; Szmant-Froelich, 1985; Szmant 1986; Zakai *et al.*, 2000).

Penentuan tipe seksualitas karang dilakukan menurut petunjuk Richmond & Hunter (1990), Harrison & Wallace (1990), dan Richmond (1997), yaitu:

- a. Gonokorik: spesies karang (berkoloni atau soliter) yang memproduksi hanya gamet jantan atau betina selama hidupnya.
- b. Hermafrodit: spesies karang (berkoloni atau soliter) yang menghasilkan baik gamet jantan atau betina selama hidupnya. Spesies ini memiliki ovarium dan sperma yang berkembang pada mesenterium yang sama (umumnya pada Faviidae dan Mussidae), pada mesenterium yang berbeda dalam polip yang sama (umumnya pada Pocilloporidae dan Acroporidae), pada polip yang berbeda dalam koloni yang sama (pada *Cladopsammia rolandi*), atau pada waktu yang berbeda dalam koloni yang sama (*Stylophora pistillata*).

Cara reproduksi karang ditentukan dari hasil pengamatan histologi. Cara reproduksi karang ditentukan menurut Harrison & Wallace (1990), Richmond & Hunter (1990), dan Richmond (1997), yaitu :

- a. *Broadcast spawning* (memijah): spesies yang memijahkan gamet-gametnya (telur dan sperma) ke dalam kolom air, dan selanjutnya terjadi fertilisasi eksternal dan kemudian berkembang.

- b. *Brooding* (mengerami): spesies dengan telur-telur yang dibuahi secara internal, dengan perkembangan embrio sampai fase planula berlangsung dalam polip karang.

Pola reproduksi ditentukan dari data hasil pengamatan tipe seksualitas dan cara reproduksi. Pola reproduksi dikelompokkan dalam empat pola berdasarkan Szman (1986), yaitu :

- a. Hermafrodit yang diikuti dengan *broadcast spawning* (*broadcast spawning hermaphrodite*).
- b. Hermafrodit yang diikuti dengan *brooding* (*brooding hermaphrodite*).
- c. Gonokorik yang diikuti dengan *broadcast spawning* (*broadcast spawning gonochoric*).
- d. Gonokorik yang diikuti dengan *brooding* (*brooding gonochoric*).

### 3. Analisis Data

#### a. Struktur dan Kondisi Gonad

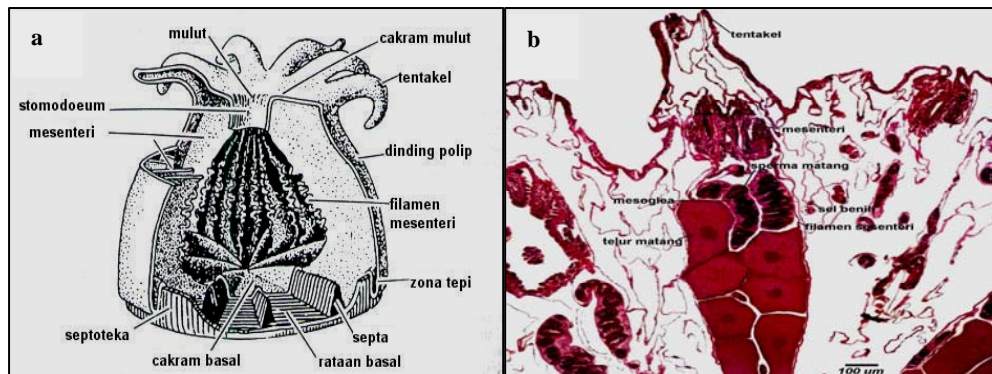
Struktur dan kondisi gonad ditentukan berdasarkan hasil fotomikrograf dari polip-polip yang subur. Dalam analisis ini, diamati letak dan posisi gonad dalam polip serta bentuk dan karakter gonad untuk setiap spesies dan dianalisis secara deskriptif.

#### b. Seksualitas, Cara dan Pola Reproduksi dan Perkembangan Gonad

Seksualitas, cara dan pola reproduksi dari kedua spesies karang disajikan dalam gambar yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

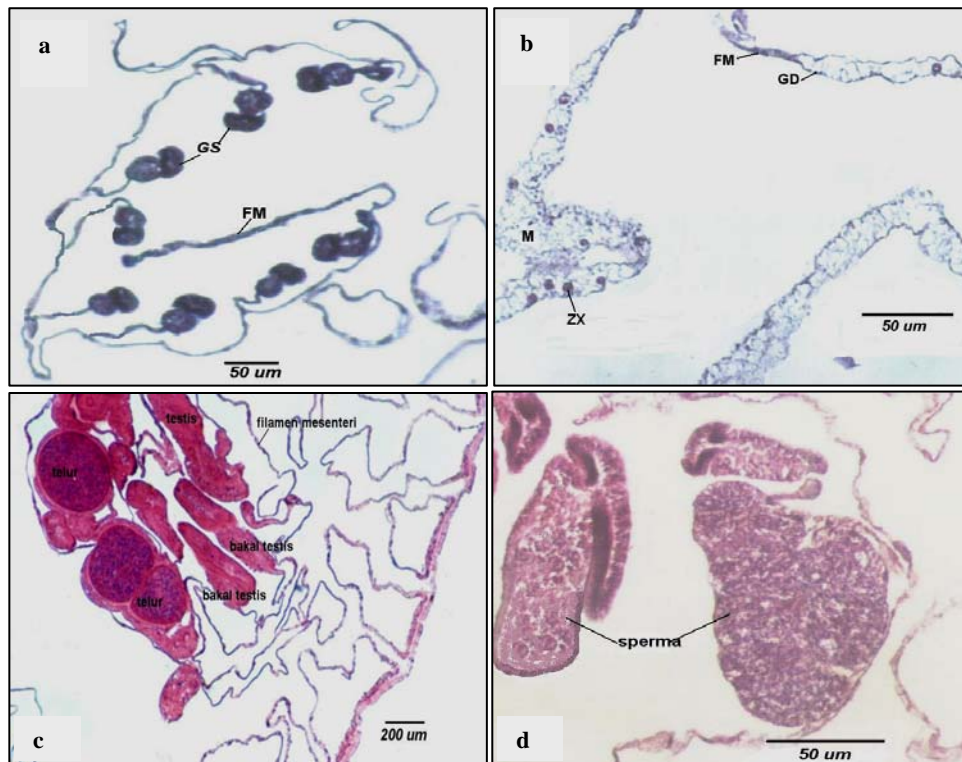
## HASIL PENELITIAN

Gonad *A. nobilis* berasosiasi dengan 12 mesenteri, yaitu pada untaian filamen mesenteri (**Gambar 3**). Gonad berkembang dalam sel benih (*germ cells*) yang mengelompok antara 2-8 sel (umumnya 5-8 sel). Sel benih ini berbentuk dambel dan merupakan perluasan dari filamen mesenteri dengan sebuah tangkai (**Gambar 4a**). Sel benih ini selanjutnya berkembang menjadi ovarium dan testis dengan proporsi yang relatif sama (**Gambar 4c dan 4d**). **Gambar 4c** juga memperlihatkan bahwa ovarium lebih dahulu berkembang dibandingkan dengan testis. Setelah musim reproduksi berakhir, sel benih menghilang dan filamen mesenteri terlihat kosong dengan mesoglea terlihat jelas dan melebar (**Gambar 4b**).



Gambar 3. Struktur anatomi polip yang dipotong membujur: (a) jaringan filamen mesenteri sebagai tempat berkembangnya gonad (Wells, 1956); (b) struktur gonad karang yang berasosiasi dengan mesenteri utama karang *Acropora nobilis*. Sel gamet dalam proses pematangan tahap akhir yang diambil pada tanggal 5 maret 2002, seminggu sebelum berlangsungnya pemijahan pada fase bulan gelap.

Ketika gonad dalam proses pematangan, gonad-gonad tersebut bergerak ke arah mulut polip. Ovarium dan testis mengalami proses pematangan secara bersamaan (seksualitasnya tergolong hermafrodit simultan) di bawah rongga mulut. Gonad-gonad matang ini memanjang dan teruntai menyerupai tabung dalam ruang gastrovaskular (rongga perut) di bawah mulut (**Gambar 3**).

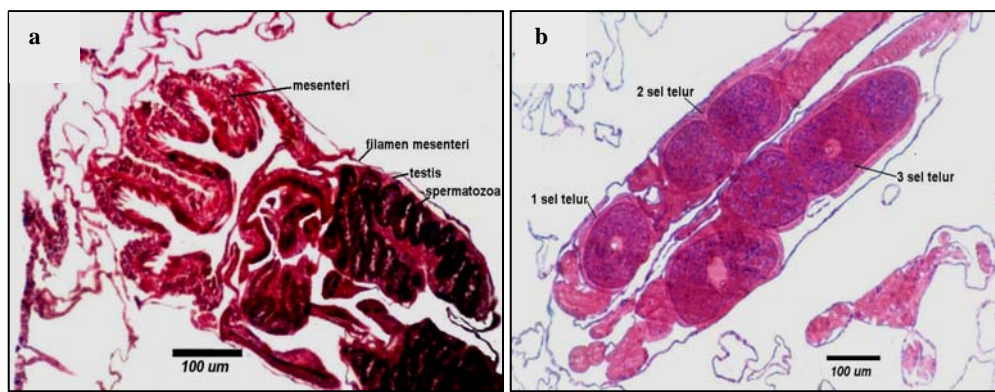


Gambar 4. Filamen mesenteri: (a) kelompok sel benih atau *germ cells* (GS) dengan 8 sel yang berbentuk dambel dan merupakan perluasan dari filamen mesenteri (FM); (b) sel benih menghilang dari filamen mesenteri, sampel diambil pada tanggal 27 Maret 2002, 2 minggu setelah pemijahan pada fase bulan gelap; gastrodermis (GD), zooxantela (ZX), mesoglea (M); (c) sel benih yang berkembang menjadi sel telur dan bakal testis; (d) sel benih yang berkembang menjadi testis.



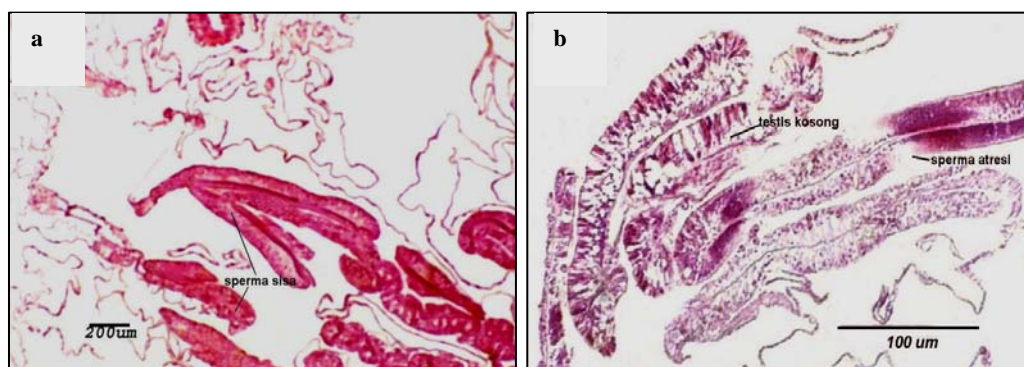
Gonad jantan (testis) yang matang berisi sejumlah besar massa sperma dengan bentuk lobus dan umumnya berbentuk buket, jumlah lobus dalam setiap testis bervariasi dari 3 sampai 20 lobus (**Gambar 5a**). Sedangkan untuk gonad betina (telur) dalam satu lobus/ovarium juga bervariasi antara 1- 4 butir telur per lobus (**Gambar 5b**).

Setelah pemijahan baik pada bulan purnama ataupun bulan gelap selalu didapatkan adanya testis matang yang tidak dipijahkan (**Gambar 6a**), bahkan setelah berakhir musim pemijahan untuk siklus pertama (Desember-Februari) didapatkan testis matang yang mengalami atresia dari sampel histologi tanggal 27 Maret 2002 (**Gambar 6b**) dan sebaliknya tidak ada sisa telur matang yang tidak dipijahkan ataupun telur matang yang mengalami atresia.



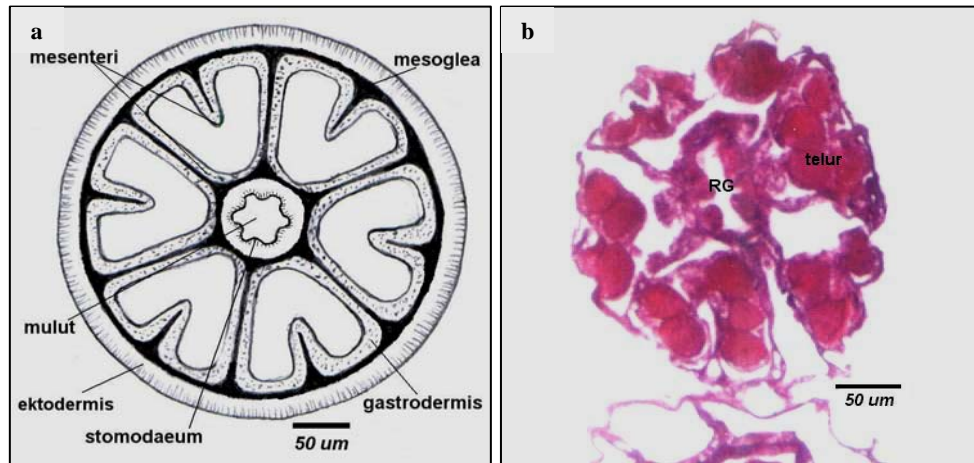
Gambar 5. Gonad karang *Acropora nobilis* (a) kumpulan sperma dalam bentuk kelompok-kelompok lobus dalam testis; (b) kelompok sel telur dalam setiap ovarium.

Karang *A. nobilis* atau karang-karang yang melepaskan gametnya dalam bentuk kemasan, semua telur matang akan dipijahkan, sedangkan sperma dibutuhkan hanya sebahagian dari sperma matang yang tersedia sehingga sering didapatkan sisa sperma matang atau sperma yang mengalami atresia setelah jenis karang ini memijah.

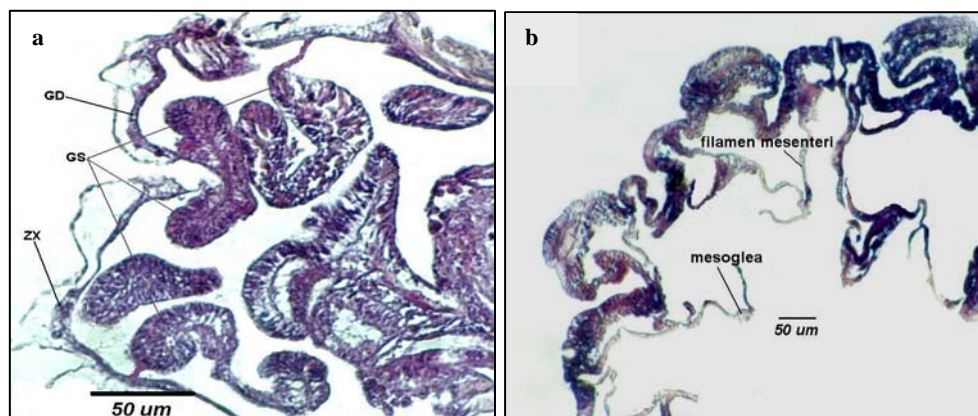


Gambar 6. Kondisi gonad setelah pemijahan bulan Maret. (a) gonad yang dipenuhi oleh sisa sperma yang tidak dipijahkan; (b) testis kosong (pascapemijahan) dan testis yang mengalami atresia.

Gonad *P. verrucosa* juga berasosiasi dengan 12 mesenteri (**Gambar 7**). Posisi gonad terletak di antara dua mesenteri atau terselip antara dua mesenteri (antara septa siklus pertama dan septa siklus kedua).



Gambar 7. Penampang melintang polip *Pocillopora verrucosa*. (a) sketsa posisi mesenteri sebagai tempat berkembangnya gonad; (b) posisi gonad betina (sel telur) yang berasosiasi dengan 12 mesenteri utama dan terletak di antara dua mesenteri. RG: rongga gastrovaskular.



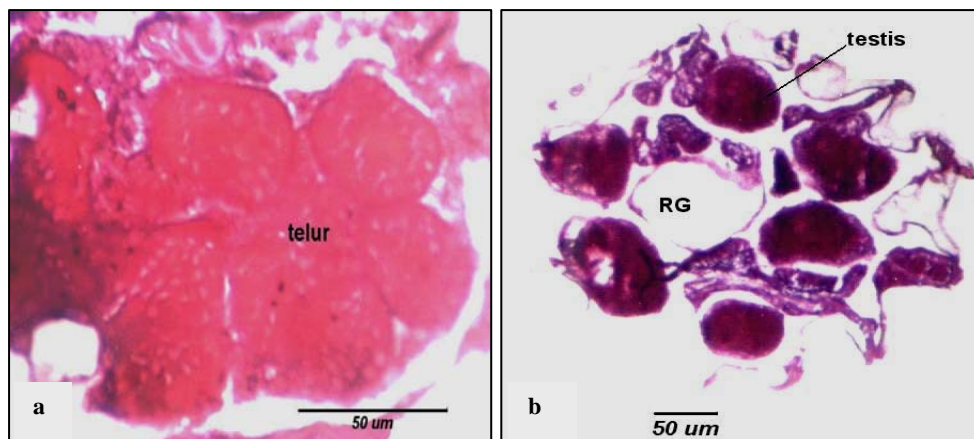
Gambar 8. Penampang membujur sebuah polip. (a) sel benih karang *Pocillopora verrucosa* yang berkembang dari filamen mesenteri. GS: sel benih, ZX: zooxantela; GD: gastrodermis; (b) sel benih yang menghilang setelah berakhirnya pemijahan (sampel diambil satu hari sebelum fase bulan gelap, 4 Oktober 2002).

Gonad berkembang dari sel benih (*germ cells*), tiap mesenteri hanya mengandung satu sel benih. Sel benih ini berbentuk dambel dan merupakan perluasan dari filamen mesenteri dengan sebuah tangkai dan selanjutnya berkembang menjadi sel gamet (**Gambar 8a**). Setelah musim pemijahan berakhir, sel benih kemudian menghilang dan ruang antara mesenteri terlihat kosong (**Gambar 8b**).

Gonad jenis *P. verrucosa* berbentuk bulat lonjong dan tetap berada di antara dua mesenteri sampai gonad tersebut matang dan siap dipijahkan. Terdapat tiga macam struktur gonad yang ditemukan dalam suatu polip, yaitu (i) polip yang di dalamnya hanya

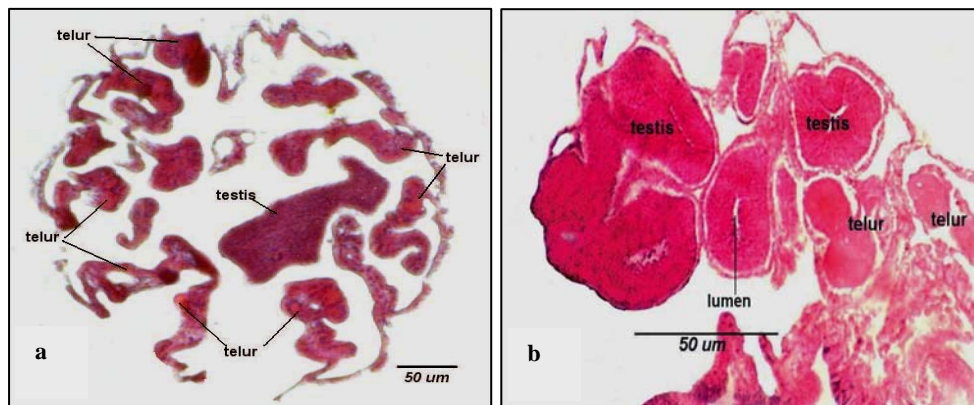


berkembang sel gonad betina (ovarium) dengan jumlah masing-masing satu untuk setiap mesenteri (**Gambar 7b**). Setiap ovarium memiliki jumlah sel telur yang bervariasi antara 1 sampai 11 butir (**Gambar 9a**); (ii) polip yang hanya mengandung sel gonad jantan (testis) dengan jumlah testis masing-masing satu untuk setiap ruang antara mesenteri utama (septa siklus pertama) dengan total jumlah 6 testis per polip (**Gambar 9b**); dan (iii) polip yang mengandung kedua jenis gonad, baik ovarium maupun testis. Struktur gonad yang ketiga ini juga memiliki 2 variasi, yaitu polip dengan jumlah ovarium yang lebih dominan (**Gambar 10a**) dan polip dengan jumlah testis yang dominan (**Gambar 10b**), tetapi secara umum variasi yang pertama lebih sering teramati. Sampel yang diambil secara mingguan (menurut fase bulan) teramati bahwa gonad-gonad tersebut mengalami pematangan secara simultan seminggu sebelum pemijahan (seksualitasnya tergolong hermafrodit simultan).



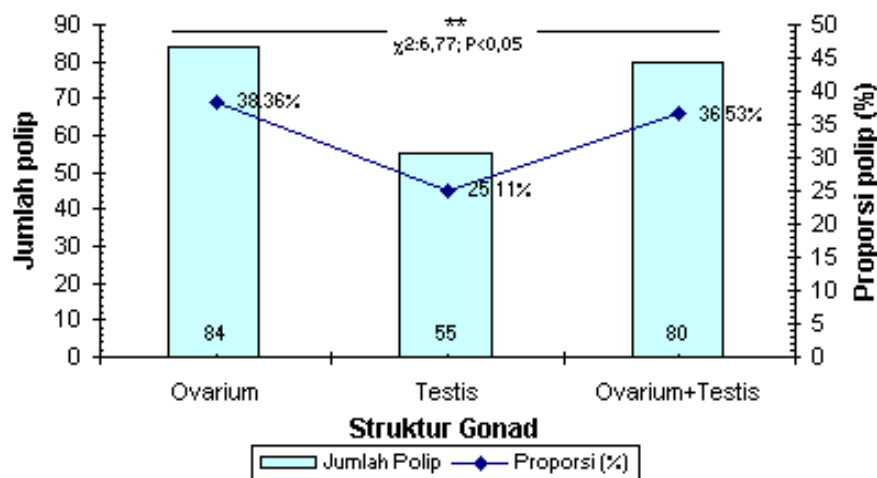
Gambar 9. Struktur gonad. (a) kelompok sel telur dari *Pocillopora verrucosa*; (b) polip yang mengandung hanya gonad jantan dengan 6 testis yang terletak dalam ruang antara mesenteri utama, RG: rongga gastrovaskular.

Sampel histologi yang diambil pada setiap fase bulan selama dua siklus bulan didapatkan 219 polip yang reproduktif dari 400 polip (80 koloni) yang diperiksa. Adapun proporsi polip dan jumlah polip menurut struktur gonad karang *P. verrucosa* disajikan pada **Gambar 4.11**. Polip yang umum ditemukan, yaitu polip yang hanya mengandung ovarium dan yang mengandung ovarium dan testis dengan proporsi yang relatif sama, yaitu masing-masing sebesar 38,63% (84 polip) dan 36,53% (80 polip), sedangkan polip yang hanya mengandung testis hanya sebesar 25,11% (55 polip) dan berbeda nyata ( $\chi^2:6,77$ ;  $P<0,05$ ) dengan dua tipe struktur gonad lainnya. Meskipun demikian, volume testis untuk sangat besar jika dibandingkan dengan volume ovarium (**Gambar 10b**).



Gambar 10. Variasi struktur gonad dari polip karang *Pocillopora verrucosa* yang mengandung dua macam sel gamet. (a) polip yang dominan mengandung gonad betina (ovarium); dan (b) polip yang dominan mengandung gonad jantan (testis).

Bentuk sebaran sperma dalam suatu testis juga teramati adanya variasi, yaitu sel sperma menyebar merata dan menutupi seluruh ruang dalam testis (**Gambar 10a**) dan kelompok sel sperma dengan bentuk lobus yang memperlihatkan kehadiran sperma di sekitar lumen ketika berada dalam tahap matang (**Gambar 10b**).



Gambar 11. Proporsi polip dan jumlah polip menurut struktur gonad *Pocillopora verrucosa*. \*\*: berbeda nyata ( $\chi^2$ : 6,77;  $p<0,05$ ); 219 polip yang reproduktif dari 400 polip sampel (80 koloni).

## PEMBAHASAN

### a. Struktur dan Kondisi Gonad

Umumnya ovarium dan testis karang berkembang pada mesenteri, di dalam mesoglea atau gastrodermis (Harrison & Wallace, 1990). Jenis karang *A. nobilis* dan *P. verrucosa* memperlihatkan gonad yang berasosiasi dengan 12 mesenteri utama. Gonad yang berkembang pada ke-12 mesenteri utama juga ditemukan pada karang Poritidae di Pasifik bagian timur (Glynn *et al.*, 1994). Gonad dihasilkan oleh sekelompok sel benih

(*germ cells*) yang menyerupai dambel dan merupakan perluasan dari filamen mesenter. Gonad dari kedua jenis karang ini mirip dengan yang ditemukan pada jenis *Seriatopora caliendrum*, *Pocillopora damicornis*, *Stylopora pistillata* dan genus *Acropora*, yang berkembang pada sebuah tangkai, melekat dan merupakan perluasan bidang mesenter. Gonad ini diselubungi oleh mesoglea dan gastrodermis (Harrison & Wallace, 1990) dan oleh banyak penulis tangkai tempat berkembangnya gonad ini diistilahkan dengan sel benih.

Gonad kedua jenis karang yang diteliti juga teramati berkembang dalam lapisan mesoglea. Gonad-gonad tersebut kemudian bergerak menuju mulut (di bawah kerongkongan) ketika masuk tahap pematangan. Gonad pada karang *A. nobilis* memanjang dan menyerupai tabung dan tergantung di dalam rongga gastrovaskular di bawah mulut. Sedangkan gonad *P. verrucosa* terlihat berbentuk bulat. Perbedaan tersebut semata-mata karena penyesuaian terhadap bentuk polip itu sendiri. Polip dari *A. nobilis* memang terlihat lebih panjang (menyerupai tabung) dibandingkan dengan polip *P. verrucosa* yang cenderung bulat.

Sel telur dan testis dari *A. nobilis* selalu didapatkan dalam polip yang sama dengan struktur yang mirip dengan sembilan spesies simpatrik dari genus *Acropora* yang ditemukan oleh Wallace (1985) di Australia Timur. Sedangkan pada *P. verrucosa*, sel telur dan testis terdapat secara terpisah atau bersama-sama dalam polip yang sama dan memperlihatkan ukuran atau volume testis yang lebih besar dari volume telur. Hal yang sama juga teramati pada karang *P. damicornis* dan *P. elegans* di bagian timur Pasifik (Glynn *et al.*, 1991).

Secara visual kedua jenis karang yang diteliti memiliki perbedaan yang mendasar dalam perbandingan volume antara gonad mereka. Secara kualitatif volume telur pada *A. nobilis* lebih besar dari volume testis dan sebaliknya volume testis lebih besar daripada volume telur pada *P. verrucosa*. Menurut Sakai *et al.* (2000), tingginya kejadian pembuahan sendiri (*self-fertilization*) dihasilkan oleh rasio testis:telur yang lebih rendah. Dengan demikian jenis *A. nobilis* berdasarkan rasio gonadnya cenderung melakukan pembuahan sendiri dan sebaliknya jenis *P. verrucosa* cenderung melakukan pembuahan silang (*cross-fertilization*).

## **b. Seksualitas, Cara dan Pola Reproduksi**

Hasil pengamatan histologi memperlihatkan bahwa seksualitas *A. nobilis* dan *P. verrucosa* di PBL bersifat hermafrodit simultan, yaitu sel telur dan sperma berkembang dalam polip yang sama dan mencapai tahap kematangan dalam waktu yang bersamaan (**Gambar 3**). Hasil ini juga diperkuat dari hasil pengamatan *in situ* ketika berlangsung pemijahan di alam, yaitu *A. nobilis* memijahkan gametnya dalam suatu paket telur-sperma

yang matang dan *P. verrucosa* teramati polip yang hanya mengeluarkan sperma atau telur dan polip yang mengeluarkan telur-sperma secara terpisah dalam waktu yang bersamaan. Tipe seksualitas ini merupakan tipe umum pada karang skleraktinia (Harrison & Wallace 1990, Richmond & Hunter, 1990; Richmond, 1997). Kebanyakan spesies yang diidentifikasi sebagai hermafrodit simultan, umumnya dimiliki oleh famili Acroporidae, Faviidae dan beberapa Pocilloporidae (Richmond, 1997). Sedangkan untuk hermafrodit sekuensial teramati hanya pada sebagian kecil spesies karang, sebagai contoh yaitu *Stylophora pistillata* (Rinkevich & Loya, 1979) yang pada tahun-tahun pertama bereproduksi (koloni yang lebih kecil) sebagai jantan dan pada koloni yang lebih besar ditemukan lebih banyak gonad betina, demikian pula pada *Goniastrea favulus* (Kojis & Quinn, 1985).

Seksualitas dengan tipe hermafrodit merupakan salah satu bentuk adaptasi dari suatu populasi dengan kelimpahan yang rendah (Richmond, 1997). Tipe ini menguntungkan ketika peluang untuk bertemu lawan kelamin rendah dan memungkinkan terjadinya pembuahan sendiri. Hasil pengamatan pada *Acropora tenuis* dan *A. humilis* didapatkan 100% embrio berkembang dari hasil pembuahan sendiri, sedangkan dari pencampuran gamet menghasilkan planula yang gagal berkembang (Richmond & Hunter, 1990).

Pada semua sampel histologi juga terlihat adanya variasi struktur gonad dalam setiap polip *P. verrucosa* (**Gambar 11**), yaitu polip yang hanya mengandung testis (polip jantan), polip yang hanya mengandung sel telur (polip betina) dan polip yang mengandung baik sel telur maupun testis (hermafrodit). Variasi polip dari hasil histologi ini juga ditemukan ketika dilakukan pengamatan *in situ* saat berlangsung pemijahan di alam. Meskipun terdapat tiga variasi polip menurut struktur gonadnya, namun polip yang mengandung ovarium (polip betina) dan polip yang mengandung ovarium dan testis (hermafrodit) terlihat lebih dominan dalam penelitian ini. Jadi dapat dinyatakan bahwa karang ini memiliki variasi tipe seksualitas yang tinggi. Kondisi yang sama juga teramati pada tipe seksualitas gonokorik seperti yang diamati pada jenis *Agaracia agaricites*, *Acropora humilis* dan *Caryophyllia ambrosia* yang diistilahkan dengan tipe “gonokorik labil” (Harrison & Wallace, 1990). Suatu spesies karang tidak hanya memperlihatkan keragaman dalam tipe seksualitasnya tetapi juga memperlihatkan adanya keragaman dalam cara reproduksinya, sebagai contoh karang *Pocillopora damicornis* ditemukan memijahkan gametnya dan juga mengerami planulanya di Pulau Rottneest, Australia Barat (Ward, 1992). Fenomena ini sekaligus membuktikan bahwa karang skleraktinia memiliki plastisitas reproduksi yang tinggi.

Dalam penelitian ini, potongan sampel polip hanya diamati dalam tiga seri pemotongan yang berurutan, maka tidak menutup kemungkinan adanya bias dalam pengamatan proporsi polip menurut struktur gonadnya, oleh karena itu diperlukan pengamatan secara terperinci dari suatu seri potongan histologi yang berurutan untuk sebuah polip secara utuh sehingga dapat dipastikan proporsi polip dari ketiga variasi struktur gonad tersebut.

Dari pengamatan histologi, seluruh sampel yang diperiksa tidak pernah ditemukan adanya larva planula selama masa reproduktif terutama saat masuk fase bulan purnama ataupun bulan gelap, tetapi hanya berisi sel telur dan testis. Fenomena ini menegaskan bahwa *A. nobilis* dan *P. verrucosa* tergolong karang yang menebarkan gametnya dalam kolom air (*broadcast spawning*) dengan fertilisasi berlangsung di luar tubuh atau polip (bertipe pemijah sejati). Hasil ini meyakinkan karena potongan cabang yang diambil contohnya langsung difiksasi di tempat (fiksasi secara langsung dapat menghindari suatu polip melepaskan gamet atau larvanya ketika dalam pengangkutan sampel ke darat). Karang yang bereproduksi dengan cara memijah (*broadcast spawning*) mewakili sebagian besar karang skleraktinia (Harrison & Wallace, 1990; Richmond & Hunter, 1990), sedangkan yang mengerami (*brooding*) mewakili hanya sebagian kecil karang (Richmond 1997). Sebagai contoh, karang kipas Pasifik *Pocillopora damicornis* melepaskan planula yang dierami (*brooded*) menurut suatu siklus bulan secara bulanan sepanjang tahun (Richmond & Jokiel, 1984; Nakir, 2003).

Cara reproduksi merupakan suatu bentuk adaptasi terhadap kondisi lingkungan atau menunjukkan sejarah gangguan dari suatu lokasi. Menurut Stimson (1978), karang yang mengerami ditemukan lebih dominan di rata-rata terumbu dangkal yang banyak mengalami gangguan, sedangkan karang-karang yang memijah lebih mendominasi pada perairan yang kurang mengalami gangguan. Perbedaan antara kedua cara reproduksi tersebut dipengaruhi oleh banyak aspek ekologi karang yang meliputi transfer alga simbiotik ke larva, kemampuan larva (selama periode tersebut larva memiliki kemampuan untuk dapat berhasil menempel dan bermetamorfosis), penyebaran larva, pola distribusi geografi, variabilitas genetik serta laju spesiasi dan evolusi (Richmond, 1990).

Berdasarkan tipe seksualitas dan cara reproduksinya maka kedua jenis karang yang diteliti memiliki pola atau strategi reproduksi dengan sifat pemijah yang hermafrodit simultan (*Broadcast spawning simultaneous hermaphrodite*), yaitu suatu strategi reproduksi dengan cara menghasilkan dua jenis gamet (telur dan sperma) yang matang secara bersamaan dan menebarkan gamet tersebut dalam kolom air untuk pembuahan dan perkembangan embrio.



Di daerah Indo-Pasifik, umumnya karang-karang memiliki pola pemijah baik yang hermafrodit ataupun gonokorik (Harriot, 1983). Pola ini menunjukkan bahwa karang-karang tersebut berada di bawah kondisi lingkungan yang menguntungkan dengan ukuran koloni yang lebih besar (diameter >30 cm) yang secara tidak langsung menunjukkan bahwa spesies tersebut berumur panjang, sedangkan spesies yang mengikuti pola pengeram baik yang hermafrodit ataupun gonokorik, secara umum berukuran kecil, yang secara tidak langsung menyatakan adanya penurunan pertumbuhan dengan peningkatan umur dan atau kematian induk yang tinggi (Szmant, 1986).

Hasil penelitian dengan pendekatan biologi reproduksi ini, dapat mencerminkan kondisi ekologi dalam ekosistem terumbu karang di PBL, yaitu tidak terjadinya persaingan ruang antara spesies atau antara populasi karang yang tercermin dalam ukuran koloni yang relatif besar. Fenomena “tidak adanya persaingan ruang” juga ditemukan oleh Moll (1983) dalam komunitas karang di Kepulauan Spermonde. Sebagai contoh, karang *P. verrucosa* di Atol Enewetak memperlihatkan pola reproduksi yang tergolong pengeram yang hermafrodit (*brooding hermaphrodite*) (Stimson, 1978) dengan ciri ukuran koloni yang relatif lebih kecil. Berbeda halnya di terumbu karang PBL, ukuran koloni dari spesies ini bisa mencapai 90 cm yang secara tidak langsung menunjukkan kondisi ekologi lingkungan yang baik sehingga koloni karang dapat tumbuh dalam ukuran yang relatif besar.

## SIMPULAN

Gonad karang *A. nobilis* dan *P. verrucosa* berasosiasi dengan 12 mesenteri utama dan berkembang dari suatu sel benih (*germ cells*) yang berbentuk dambel dan merupakan perluasan dari filamen mesenteri. Gonad karang ini berkembang dan mengalami pematangan di dalam lapisan mesoglea dari filamen mesenteri.

Seksualitas kedua jenis karang yang diteliti tergolong hermafrodit simultan dan bereproduksi dengan cara pemijahan (*spawning*). Dengan demikian kedua jenis karang ini memiliki pola bereproduksi yang bersifat pemijah yang hermafrodit simultan (*broadcast spawning simultaneous hermaphrodite*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Babcock, R.C., Bull, G.D., Harrison, P.L., Heyward, A.J., Oliver, J.K., Wallace, C.C., Willis, B.L., 1986. Synchronous spawnings of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef. *Mar Biol* 90: 379-394.
- Glynn, P.W., Gassman, N.J., Eakin, C.M., Cortés, J., Smith, D.B., Guzmán, H.M., 1991. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panama, and Galapagos Islands (Ecuador). I. Pocilloporidae. *Mar Biol* 109: 355-368.
- Glynn, P.W., Colley, S.B., Eakin, C.M., Smith, D.B., Cortés, J., Gassman, N.J., Guzmán, H.M., Del Rosario, J.B., Feingold, J.S., 1994. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panama, and Galápagos Islands (Ecuador). II. Poritidae. *Mar Biol* 118: 191-208.
- Harriott, V.J., 1983. Reproductive seasonality, settlement and post settlement of *Pocillopora damicornis* (Linnaeus) at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 2: 151-157.
- Harrison, P.L., Wallace, C.C., 1990. Reproduction, Dispersal and Recruitment of Scleractinian Corals. Di dalam: Dubinsky (ed.). *Coral Reefs : Ecosystems of The World* 25. Amsterdam– Oxford - New York – Tokyo: Elsevier. hlm 132-207.
- Humason, G.L., 1962. Animal Tissue Techniques. San Francisco and London: WH. Freeman and Company.
- Kojis, B.L., 1986a. Sexual reproduction in *Acropora (Isopora) species* (Coelenterata: Scleractinia) I. *A. cuneata* and *A. palifera* on Heron Island reef, Great Barrier Reef. *Mar Biol* 91: 291-309.
- Kojis, B.L., 1986b. Sexual reproduction in *Acropora (Isopora)* (Coelenterata: Scleractinia) II. Latitudinal variation in *A. palifera* from the Great Barrier Reef and Papua New Guinea. *Mar Biol* 91: 311-318.
- Moll, H., 1983. Zonation and diversity of reefs off SW. Sulawesi, Indonesia. Ph.D Thesis. University of Leiden. 102 hlm.
- Nakir, M.N., 2003. Reproduksi seksual karang keras *Pocillopora damicornis* di perairan Pulau Barranglompo, Makassar. Ringkasan Hasil Penelitian. Makassar: Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. 24 hlm.
- Richmond, R.H., Jokiel, P.L., 1984. Lunar periodicity in larva release in the reef coral *Pocillopora damicornis* at Enewetak and Hawaii. *Bull Mar Sci* 34(2): 280-287.
- Richmond, R.H., Hunter, C.L., 1990. Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 60: 185-203.
- Richmond, R.H., 1997. Reproduction and Recruitment in Corals: Critical Links in the Persistence of Reefs. Di Dalam: Birkeland C. (ed.). *Life and Death of Coral Reefs*. New York: Chapman & Hall. hlm 175-197.
- Sakai, K., Shinjo, K., Hayashi, C., 2000. Sex allocation in scleractinian corals. *Int Coral Reef Symp, Japan*. Tokyo: Science and Technology Agency-The Nippon Foundation-JAMSTEK. hlm 5 (Abstract).
- Shlesinger, Y., Loya, Y., 1985. Coral community reproductive patterns: Red Sea versus the Great Barrier Reef. *Science* 228: 1333-1335.

- Stimson, J.S., 1978. Mode and timing of reproduction in some common hermatypic corals of Hawaii and Enewetak. *Mar Biol* 48: 173-184.
- Stoddart, J.A., Black, R., 1985. Cycles of gametogenesis and planulation in the coral *Pocillopora damicornis*. *Mar Ecol Progr Ser* 23: 153-164.
- Szmant-Froelich, A.M., 1985. The effect of coloni size on the reproductive ability of the Caribbean coral *Montastrea annularis* (Ellis and Solander). *Proc 5<sup>th</sup> Int Coral Reef Cong, Tahiti* 4: 295-300
- Szmant AM. 1986. Reproductive ecology of caribbean reef corals. *Coral Reefs* 5: 43-54.
- Wallace CC. 1985. Reproduction, recruitment and fragmentation in nine sympatric species of the coral genus *Acropora*. *Mar Biol* 88: 217-233.
- Ward S. 1992. Evidence for broadcast spawning as well as brooding in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis*. *Mar Biol* 112: 641-646.
- Zakai D, Levy O, Chadwick-Furman NE. 2000. Experimental fragmentation reduces sexual reproductive output by the reef-building coral *Pocillopora damicornis*. *Coral Reefs* 19: 185-188.